

Protocol

## 근골격계 초음파 실습교육 반복 시행에 따른 실기시험 성적의 변화: 전향적 관찰연구 프로토콜

한용민<sup>1,2</sup>, 조은별<sup>3</sup>, 정현종<sup>1</sup>, 임정태<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 원광대학교 한의과대학 진단학교실, <sup>2</sup> 느티나무한의원, <sup>3</sup> 한국한의학연구원 한의과학연구부

### The change of practical exam scores according to repeated musculoskeletal ultrasound training: Protocol for a prospective observational study

Young-Min Han<sup>1,2</sup>, Eunbyul Cho<sup>3</sup>, Hyun-Jong Jung<sup>1</sup>, Jungtae Leem<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Diagnostics, College of Korean Medicine, Wonkwang University, <sup>2</sup> Neutinamu Korean Medicine Clinic, <sup>3</sup> Korean Medicine Science Research Division, Korea Institute of Oriental Medicine

Received: August 11, 2024

Revised: August 22, 2024

Accepted: August 22, 2024

Equally contributed first authors:

Young-Min Han & Eunbyul Cho

Corresponding Author:

Jungtae Leem

Department of Diagnostics,

College of Korean Medicine,

Wonkwang University,

#54538, 895, Muwang-ro,

Iksan-si, Jeollabuk-do, Republic

of Korea

E-mail: julcho@naver.com

**Background:** With the rapid growing demand in the Korean Medicine community, hands-on ultrasound training is expected to expand in undergraduate Korean Medicine education. However, hands-on training requires costly ultrasound equipment and instructors, necessitating preliminary studies to assess the feasibility and expected effectiveness of the training. This study aims to explore changes in student performance with repeated practice to identify the minimum time required for effective ultrasound hands-on training.

**Methods:** This prospective observational study will be conducted at a College of Korean Medicine in South Korea. A 4-week musculoskeletal ultrasonography training program will be implemented, consisting of three repetitive hands-on training and four practical examinations for three modules of different difficulty levels. A total of 30 second or third-year students of Korean Medicine will be recruited. The data to be analyzed include participant characteristics, practical examination scores for each session, and pre- and post-training survey scores. Repeated measure ANOVA will be used to examine whether there is a significant difference in scores between the rounds of the practical exam.

**Discussion and conclusion:** This study will provide novel evidence regarding each student's appropriate time on probe for effective ultrasound training in Korean Medicine education. Students' perceptions and self-efficacy towards ultrasonography and feedback on the training program will contribute to designing and developing ultrasound training programs.

**Keywords:** Clinical skills, Hands-on training, Practical examination, Time on probe, Ultrasonography

## 서론

초음파 진단기기는 실시간으로 인체 내부 구조물을 확인할 수 있어, 질병 과정에서의 해부, 생리, 병리학적 상태 파악 및 안전한 시술을 위해 활용되고 있다<sup>1,2</sup>. 초음파 검사는 비침습



적이고, 방사선 노출 위험이 없으며, 일반 진단 수준에서 유해하지 않다고 알려져 있기에 X-ray, CT (Computed Tomography), MRI (Magnetic Resonance Imaging) 등 다른 진단기기에 비해 안전성이 높다는 장점이 있다<sup>1,3</sup>. 최근 설문조사에 따르면 한의진료에서 초음파는 주로 근골격계에 활용되며, 시술의 정확성과 효과를 높이기 위해 초음파 유도 하에 약침, 봉약침, 도침 등의 시술이 이루어지고 있다<sup>4</sup>.

한의학에서 초음파 사용 및 연구는 1990 년대에 이미 이루어지고 있었으며, 한의대 정규교육과정에서도 꾸준히 이뤄져 왔고 2010 년대부터는 다양한 연구들이 발표되어 왔다<sup>4,5</sup>. 한의사의 초음파 진단기기 사용이 의료법 위반에 해당하지 않는다는 2022 년 대법원 전원합의체판결 이래, 한의계 전반에서 초음파 교육에 대한 수요가 급격히 증가하고 있다. 이에 따라 다양한 보수교육, 학회 등에서 초음파를 활용한 해부학 강의, 다빈도 시술 포인트 핸드온 실습강의를 활발히 개최하고 있다. 한의과대학 정규 교과과정에서도 경혈학실습, 임상실습 등 여러 교과목에서 초음파가 활용되고 있으며, 객관구조화진료시험 (Objective Structured Clinical Examination, OSCE) 를 활용해 근골격계 초음파 스캔 술기를 객관적으로 평가한 교육사례도 보고되었다<sup>6</sup>. 향후에는 개별 한의과대학에서 초음파 실습만을 위한 정규 교과목이 개설될 것으로 예상된다.

초음파 영상의 질과 판독 능력은 사용자의 숙련도에 매우 의존적이며, 숙련된 검사자가 되기 위해서는 많은 훈련이 필요하다<sup>7</sup>. 그러나 초음파 실습교육을 위해서는 초음파 기기 구입 비용, 교육인력 등 많은 자원이 요구된다. 초음파 실습교육은 학생이 직접 초음파 프로브를 잡고 연습하는 hands-on training 이 바람직하지만<sup>8</sup> 고가의 초음파 기기 1 대당 제한된 수의 학생만 수용할 수 있고 교수자 1 인이 교육할 수 있는 학생 수 또한 제한적이기 때문이다. 이러한 측면은 향후 한의학 교육과정에 초음파 실습교육을 도입하는 데 큰 장벽이 될 것으로 보이며, 현재 한의과대학의 상황을 고려하여 초음파 실습교육의 실행가능성과 교육효과를 조사하기 위한 예비 연구가 필요하다.

초음파 실습교육에서 학생 1 명당 실제 초음파 기기를 조작하는 시간인 ‘프로브를 잡는 시간 (time on probe)’은 학습경험에 중대한 영향을 미치지만, 아직까지 효과적인 초음파 실습 교육을 위해 최소로 필요한 프로브를 잡는 시간에 대한 기존 연구는 매우 부족하다. Mahmood 등의 연구에 따르면 더 많은 hands-on 시간이 시험 결과를 개선하고 시험 소요 시간을 줄였지만, 학습자 개인별 차이가 크기 때문에 hands-on training 에 필요한 적정 시간을 정의하기 어렵다<sup>9</sup>.

이에 본 연구는 다음 연구질문을 해결하고자 전향적 관찰연구를 설계하였다: 1) 3 회에 걸친 실기시험에서 난이도별 각 모듈의 점수는 프로브를 잡는 시간에 따라 변화양상이 어떻게

다른가? 2) 교육 전후 초음파에 대한 학생들의 인식과 자기효능감이 어떻게 달라지는가? 3) 초음파 실습교육 및 실기시험에 대한 학습자의 인식은 어떠한가?

본 연구에서는 한의과대학에서 정규 교육과정 이외의 근골격계 초음파 실습교육을 반복적으로 실시하고 교육 전후 실기시험을 통해 학생들의 수행능력을 확인함으로써 정규 교육과정에 초음파 실습을 도입할 경우 특정 목표를 성취하기 위해 최소로 필요한 실습 시간이 어느 정도인지 탐색하고자 한다. 또한, 교육 프로그램 전후 초음파에 대한 인식, 학습자의 자기효능감이 어떻게 변화하는지 확인하고, 교육 및 실기시험에 대한 학습자의 의견을 조사하고자 한다. 본 연구의 결과는 향후 한의학 교육과정에서 초음파 실습교육 과목을 개발할 때, 적정 시수와 학년을 설정하고 학습자의 요구를 분석하는 데 기여할 수 있을 것이다.

## 연구방법

### 1. 연구설계

본 연구는 한의학 전공 학생을 대상으로 정규 교과 외 프로그램을 운영하여 데이터를 수집하는 전향적 관찰연구이다. 본 연구는 A 대학교 생명윤리위원회의 승인을 받았다 (WKIRB-202405-HR-019).

### 2. 연구대상 및 참여자 모집 방법

본 연구는 A 대학교 한의학과 2 학년, 3 학년 학생 중 연구 참여에 자발적으로 동의한 자를 대상으로 한다. 별도의 제외 기준은 설정하지 않았다. 분석 대상 인원수는 30 명을 목표로 하며, 탈락률 10%를 고려하여 34 명을 모집할 예정이다. 연구 참여자를 모집하기 위해 학년 온라인 커뮤니티 및 한의과대학 게시판에 공고문을 게시한다. 연구에 관심 있는 대상자가 연구담당자에게 연락하면 담당자는 연구에 대해 설명하고 서면으로 동의서를 받는다.

### 3. 연구절차

근골격계 초음파 실습교육 관찰연구는 약 4 주간 진행된다 (Table 1). Screening visit 에는 연구참여자의 선정기준 충족 여부를 확인하고, 연구에 대해 설명하고 동의서를 획득한 후 연구참여자를 대상으로 오프라인 이론 강의를 진행한다. Visit 1 에는 실습 시작 전 이론 학습만을 바탕으로 초음파 스캔 실기시험을 치르고 교육 전 설문지를 실시한다. Hands-on 실습 1 회차 (visit 2) 후 첫 번째 실기시험 (visit 3), 실습 2 회차 (visit 4) 후 두 번째 실기시험 (visit 5), 실습 3 회차 (visit 6) 후 세 번째 실기시험 (visit 7)을 실시한다.

Table 1. Study procedures

Timepoint	Screening visit	Study period						
		V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7
<i>Enrollment:</i>								
Eligibility screen	X							
Informed consent	X							
<i>Interventions:</i>								
Lecture	X							
Hands-on training			X		X		X	
<i>Assessments:</i>								
Practical exam		X		X		X		
Survey		X						X

V, Visit.

#### 4. 근골격계 초음파 실습교육

실습교육 내용은 무릎 부위의 구조물을 스캔하는 모듈 3개로 구성하였으며, 미국초음파사자격증(Registered in Musculoskeletal sonography, RMSK)을 취득한 한의사 3인이 교수자로서 각자 모듈 1개씩 담당하여 실습교육을 진행한다. 대표 교수자에 의해 교육내용 및 난이도가 설정되었다. 모듈 1은 난이도 하에 해당하며, suprapatellar region의 quadriceps tendon과 recess를 스캔한다. 모듈 2는 난이도 중에 해당하며, 무릎의 내측측부인대를 스캔한다. 모듈 3은 난이도 상에 해당하며, 무릎의 외측측부인대를 스캔한다.

학생 5~6인을 한 조로 구성하여 초음파 진단기기 1대를 배정한다. 각 교수자는 초음파 기기 2대를 활용하여 2개 조의 실습을 진행한다 (Figure 1). 각 Hands-on 실습 회차마다

모듈 1, 2, 3을 모두 실습한다. 각 모듈에서는 교수자가 5분간 시연하며 설명한 후 학생 1명당 5분간 실습 기회를 제공한다. 예를 들어, 한 조에 학생이 5명인 경우 교수자 시연 5분 후 학생 1명당 각 5분씩 총 25분 실습을 진행하여 모듈 하나당 30분의 시간이 소요된다. 학생들이 스캔하는 Hands-on 실습은 동일한 방법으로 총 3회(3주간 주 1회) 반복한다.

실기시험은 표준화환자를 대상으로 하며, 실습교육에서 다루는 무릎 부위 초음파 영상 3개(난이도 상, 중, 하로 설정된 모듈 1, 2, 3)를 스캔한 후 획득한 영상을 기기에 저장하도록 한다. 실기시험에서 획득된 초음파 영상을 교수자 3인이 사전에 정의한 기준 (Table 2)에 따라 각자 채점한 후 채점결과를 비교하고, 결과가 일치하지 않는 경우 회의를 통해 최종적으로 각 학생의 점수를 결정한다. 실기시험은 동일한 방법으로 총 4회 실시한다.

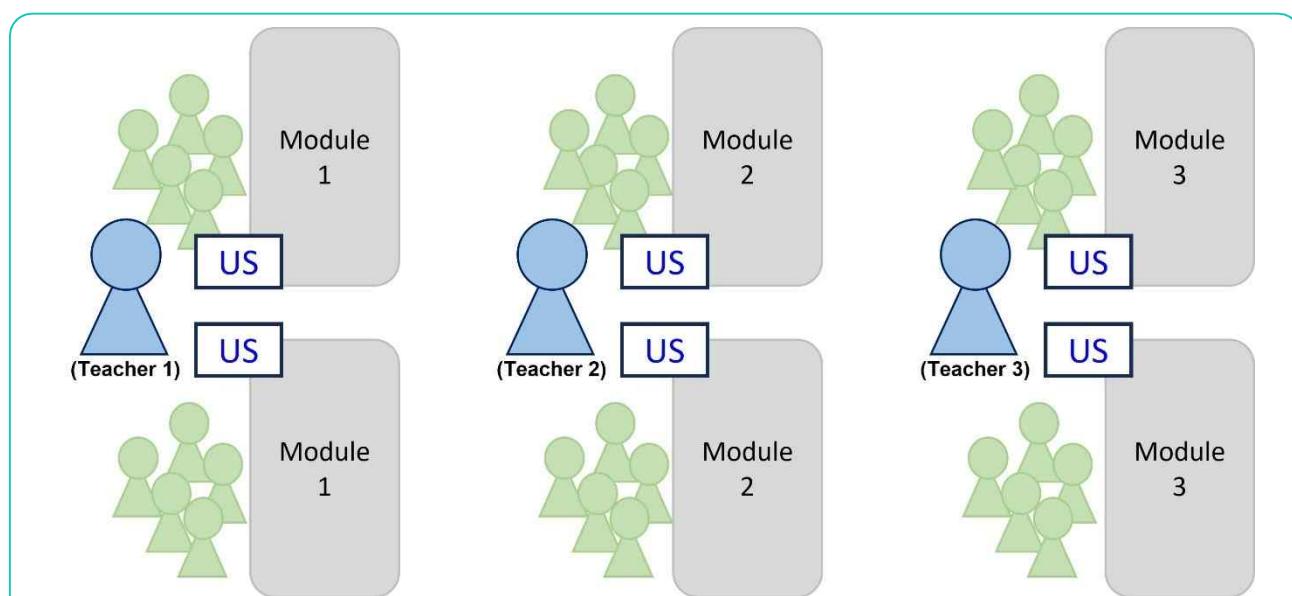


Figure 1. Illustration of teachers and learners in the hands-on training program for three modules. US, ultrasound device.

**Table 2.** Assessment checklist of the practical exam

	Suprapatellar region	Medial collateral ligament	Lateral collateral ligament
Elapsed time (Point 2)		Point 2	≤ 2 min
		Point 1	2 min ≤ < 3 min
		Point 0	≥ 3 min
Scanned structures (Point 5)	Patella (Point 1)	Tibia (Point 1)	Fibula (Point 1)
	Femur (Point 1)	Fibula (Point 1)	Tibia (Point 1)
	Quadriceps tendon (Point 1)	Medial collateral ligament (Point 2)	Lateral collateral ligament (Point 3)
	Femoral cartilage (Point 1)	Medial meniscus (Point 1)	
	Suprapatellar fat pad (Point 0.5) Prefemoral fat pad (Point 0.5)		
Artifacts and others (Point 3)	Anisotropy of quadriceps tendon (Point 1)	Two images (Point 1): Around the joint, femoral epicondyle	Two images (Point 1): Attachments of the lateral collateral ligament to the fibula, femur
	Identifying suprapatellar recess fluid (Point 1)	Identifying the margin of crural fascia and medial collateral ligament (Point 1)	Identifying the margin of the lateral collateral ligament on the fibula attachment
	Margin of patella (Point 1)	Identifying the margin of the medial collateral ligament and meniscus	Identifying the margin of the lateral collateral ligament on the femur attachment

min. minutes.

## 5. 자료수집

본 연구에서 수집할 주요 지표는 실기시험 회차별 점수이다. 2차적으로 연구참여자 기본 특성(성별, 연령, 학년, 연구 참여 이전까지 직접 프로브를 잡고 스캔해본 시간), 학습자 대상 설문조사(초음파에 대한 인식 조사, 학습자 자기효능감, 교육 및 실기시험에 대한 설문조사) 데이터를 수집한다. 실기시험의 채점 과정에서 개별 채점자의 편견이 개입되는 것을 최대한 배제하기 위해 동일한 영상을 3인이 각자 평가하고 결과가 다를 경우 논의를 통해 최종 점수를 도출하도록 하였다. 학습자 대상 설문조사는 선행연구<sup>10</sup>를 참고하여 연구진이 연구에 적절하게 수정하였다.

연구참여자의 개인정보를 포함한 모든 자료는 증례기록서에 기록하며, 증례기록서마다 대상자 고유번호를 부여하여 보안이 유지되는 연구실에서 관리한다.

## 6. 통계분석

연구자 1인이 증례기록서에 기록된 데이터를 엑셀파일로 입력하고 통계분석을 수행한다. 연구도중 동의철회 등의 사유로 탈락하는 참여자의 데이터는 분석에서 제외될 것이다. 통계분석에는 Package R (R&R of the Statistics Department of the University of Auckland, Auckland, New Zealand) 또는 Prism (GraphPad Software, Boston, Massachusetts, USA)을 사용한다. 기술통계로 연구참여자 기본정보 및 설문

조사 결과를 분석한다. 실기시험 회차별로 점수에 유의한 차이가 있는지 분석하기 위해 반복측정 분산분석(Repeated measure ANOVA)을 사용한다. 각 참여자의 실습교육 전후 실기시험 점수(visit 1 과 visit 7)와 설문지(visit 1 과 visit 7) 그룹 내에서의 교육 전후 문항별 점수를 비교하기 위해 정규성 검정을 만족할 경우 paired t-test, 그렇지 않은 경우 wilcoxon signed-rank test 를 사용한다. P-value <0.05 를 통계적으로 유의하다고 판단한다.

## 고찰 및 결론

한의학교육에서 초음파 실습교육이 점차 확대될 것으로 예상되지만 교육과정에서 어느 정도의 시수가 필요한지에 대한 논의는 매우 부족하다. 한의과대학의 한 학년 인원이 적게는 30명, 많게는 100명에 이르는 상황에서, 분반 수업으로 진행하더라도 교수자 1인이 담당해야 하는 학생 수는 수십 명에 달한다. 그러나, 초음파 실습교육 중에는 교수자가 소수의 학습자를 담당하여 가까이에서 지도하면서 학습자가 어려워하는 경우 같이 프로브를 잡고 가이드해주는 감독하실습이 특히 요구된다<sup>11</sup>. 이러한 인적 자원의 한계를 극복하기 위해 초음파 실습교육을 먼저 받은 학생 또는 레지던트가 다른 학생을 가르쳐주는 peer (near-peer)-led teaching에 대한 연구들도 보고되고 있으며 일부 연구에서는 동료에 의한 교육이 교수에 의한 교육효과와 유의미한 차이가 없거나 비교적 더 효과적

라는 결과를 제시하여 동료에 의한 교육의 활용가능성을 시사하였다<sup>12,13</sup>. 그럼에도 불구하고, 아직까지 한의학교육에서는 동료에 의한 교수방법이 거의 이루어지지 않고 있다. 이에 본 연구는 교수에 의한 초음파 실습교육을 효과적이면서도 실행 가능하게 설계하기 위한 적정 실습 시간을 탐색하고자 하였다. 3 회의 반복 실습교육 전후로 실기시험을 시행함으로써, 난이도 상, 중, 하 각 모듈의 영상을 제대로 스캔하기 위해 어느 정도의 실습 시간이 필요한지 분석할 수 있다.

근골격계 초음파는 한의사의 초음파 사용의 90% 이상을 차지하고 있다<sup>4</sup>. 본 연구에서는 근골격계 중에서도 한의사들이 어깨관절 다음으로 많이 스캔하는 무릎관절<sup>4</sup>의 구조물을 난이도 상, 중, 하로 나누어 초음파로 스캔하는 실습 모듈을 구성하였다. 손목부위 초음파 스캔 실습교육 및 OSCE 후 학생들의 자기효능감이 만점에 가깝게 나타난 것처럼<sup>6</sup>, 이번 실습교육을 통해 학습자의 자기효능감이 상승할 것으로 예상되며 초음파에 대한 인식 또한 더욱 긍정적으로 변화할 수 있다.

본 연구는 단일 기관에서 30 명을 대상으로 한 소규모 관찰 연구이므로 연구결과를 일반화할 수 없다는 한계가 있다. 실기시험을 통해 초음파 영상의 질만 평가하므로 초음파 검사에 포함되는 검사에 대한 소개, 손 위생 등 다른 절차의 수행능력을 평가하지 못하는 한계가 있다. 객관구조화진료시험으로 술기의 절차 전반을 평가하는 대신 초음파 영상만 평가대상으로 설정한 이유는 실습교육 반복에 따른 초음파 스캔 능력 향상에 초점을 맞추었기 때문이다. 몇 가지 한계에도 불구하고 본 연구는 한의학 정규 교육과정에서 초음파 실습교육을 도입할 경우 참고할 수 있는 중요한 자료를 제공할 것이다. 향후 초음파 교육을 더욱 발전시키기 위해서는 학부생 또는 한의사 대상 초음파 스캔 또는 초음파 유도하 시술 실습교육의 구체적인 방법 및 효과에 대한 다양한 연구가 필요하다.

### Acknowledgements

This work was supported by a National Research Foundation of Korea grant funded by the Korea government (No NRF-2022R1C1C2008738).

### Conflict Of Interest

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

### ORCID iD

- 한용민 <https://orcid.org/0000-0003-3959-120X>
- 조은별 <https://orcid.org/0000-0003-3431-1109>
- 정현종 <https://orcid.org/0000-0002-5836-1963>
- 임정태 <https://orcid.org/0000-0003-3300-5556>

### CRedit Statement

Conceptualization: all authors, Methodology: all authors, Investigation: YMH and EC, Writing-original draft: YMH and EC, Writing-review & editing: JL, Supervision: HJJ.

### Data Availability

The data presented in this study are available from the corresponding author on reasonable request.

### References

1. Moore CL, Copel JA. Point-of-care ultrasonography. *N Engl J Med*. 2011;364:749-757. <https://doi.org/10.1056/NEJMra0909487>
2. Lee S. Prospects for the Development of Acupuncture Treatment Led by the Use of Ultrasound Imaging Devices. *JKMST*. 2021;5:8-11. <https://doi.org/10.54461/JKMST.2021.5.1.8>
3. Bianchi S, Martinoli C. *Ultrasound of the musculoskeletal system*. Springer Science & Business Media; 2007.
4. Kim JY, Yun JM, Lee S-H, Lee YJ, Ko DK, Heo I, et al. Survey on the current usage of ultrasound-guided procedures in Korean Medicine Clinics and Hospitals. *Medicine*. 2024;103:e37659. <https://doi.org/10.1097/MD.0000000000037659>
5. Kim SH, Yook TH, Song BY, Choi YM, Shin JH, Shin HJ, et al. A review of the clinical use of ultrasound in Korean traditional medicine. *Journal of Acupuncture Research*. 2019;36:204-210. <https://doi.org/10.13045/jar.2019.00297>
6. Cho E, Han Y-M, Kang Y, Kim J-H, Shin M-S, Oh M, et al. Implementation of Objective Structured Clinical Examination on Diagnostic Musculoskeletal Ultrasonography Training in Undergraduate Traditional Korean Medicine Education: An Action Research. *Diagnostics*. 2022;12:1707. <https://doi.org/10.3390/diagnostics12071707>
7. Pinto A, Pinto F, Faggian A, Rubini G, Caranci F, Macarini L, et al. Sources of error in emergency ultrasonography. *Crit Ultrasound J*. 2013;5 Suppl 1:S1. <https://doi.org/10.1186/2036-7902-5-s1-s1>
8. Knudsen L, Nawrotzki R, Schmiedl A, Mühlfeld C, Kruschinski C, Ochs M. Hands-on or no hands-on training in ultrasound imaging: A randomized trial to evaluate learning outcomes and speed of recall of

- topographic anatomy. *Anatomical Sciences Education*. 2018;11:575–591. <https://doi.org/10.1002/ase.1792>
9. Mahmood O, Jørgensen RJ, Nielsen KR, Konge L, Russell L. Hands-on time in simulation-based ultrasound training—a dose-related response study. *Ultrasound International Open*. 2022;8:E2–E6. <https://doi.org/10.1055/a-1795-5138>
  10. Cho E, Han Y-M, Kang Y, Kim J-H, Shin M-S, Oh M, et al. Development of an objective structured clinical examination checklist and a post-education questionnaire for musculoskeletal ultrasound training focusing on volar wrist and carpal tunnel syndrome. *Journal of Acupuncture Research*. 2022;39:105–114. <https://doi.org/10.13045/jar.2022.00038>
  11. Organization WH. *Training in diagnostic ultrasound: essentials, principles and standards: report of a WHO study group*. World Health Organization; 1998.
  12. Rong K, Lee G, Herbst MK. Effectiveness of Near-Peer Versus Faculty Point-of-Care Ultrasound Instruction to Third-Year Medical Students. *Pocus j*. 2022;7:239–244. <https://doi.org/10.24908/pocus.v7i2.15746>
  13. Hari R, Kälin K, Birrenbach T, Tal K, Roumet M, Limacher A, et al. Near-peer compared to faculty teaching of abdominal ultrasound for medical students—A randomized-controlled trial. *Ultraschall in der Medizin-European Journal of Ultrasound*. 2024;45:77–83. <https://doi.org/10.1055/a-2103-4787>